

BANKA ŞUBELERİ İÇİN UYGUN YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK TABU ARAMA YAKLAŞIMI: BİR TÜRK BANKASI UYGULAMASI

Ayfer BAŞAR*, Özgür KABAK, Y. İlker TOPÇU

İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul
ayferbasar@gmail.com, kabak@itu.edu.tr, topcuil@itu.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.09.2014; Kabul Ediliş Tarihi: 22.06.2015

ÖZ

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak banka şubeleri tarafından sunulan hizmetin karşılanabileceği alternatif kanalların kullanımında artış olmasına rağmen, mevcut müşterilerin bankaya sadakatini arttırmak, yeni müşteri elde etmek ve tüm müşterilerle iletişimi sürdürülebilmek açısından şubeleşme, bankalar açısından önemini korumaktadır. Şube yerleşimi için belirlenecek yer, çok sayıda faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu çalışmada, banka şubeleri için en uygun yerleşim yerinin bulunması ile ilgili özgün bir yöntem sunulmaktadır. Bu amaçla, öncelikle detaylı yazın araştırması yapılarak ve uzman görüşünden yararlanarak banka şubeleri için en uygun yerlerin belirlenmesini etkileyecek kriterler tespit edilmiştir. İkinci aşamada, bankacılık sektöründe deneyim sahibi uzmanların görüşlerinden yararlanarak ve ikili karşılaştırma yönteminin yardımıyla hiyerarşik yapıdaki kriterlerin dört farklı şube tipi için önem seviyesi belirlenmiştir. Önceliklendirilen kriterler, banka şubelerinin yerleşimi için uygulanmak üzere önerilen matematiksel modelde kullanılmıştır. Modelin büyük ölçekli problemler için en iyi çözümünün bulunamaması nedeniyle, Tabu Arama sezgisel yaklaşımı geliştirilmiştir. Son olarak, önerilen yöntem, Türkiye’de hizmet veren büyük bir bankanın İstanbul’daki şube yeri seçim problemi için uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Banka şubesi, yer seçimi, matematiksel model, Tabu Arama, gerçek hayat uygulaması

TABU SEARCH APPROACH FOR LOCATING BANK BRANCHES: AN APPLICATION FOR A TURKISH BANK

ABSTRACT

Although technology has improved and distribution channels have become alternative opportunities for reaching bank services, the branch offices are still important for the banks to gain new customers and keep in touch with them. Growth in population and urbanization in Turkey forces the banks to increase the number of their branch offices in service to reach new customers. Finding the best location for bank branches depends on a number of distinct measures. This paper presents a methodology to find the best location of bank branches. For this aim, firstly, a number of criteria are selected by the help of a detailed literature review and expert judgments. Subsequently priorities of these criteria for four different types of bank branches are identified based on expert judgments using pairwise comparisons. The priorities are used in a new mathematical model developed to decide the best branch locations of bank branches. Since optimal solution cannot be easily found for big regions, a Tabu Search heuristic approach is developed. Finally, the proposed methodology is applied for a large Turkish national bank’s branch location problem in Istanbul.

Keywords: Bank branches, location, mathematical modeling, Tabu Search, real life application.

* İletişim yazarı

1. GİRİŞ

Bankalar, elde ettikleri mevduatı müşterilerine kredi aracılığıyla tahsis eden, kâr sağlamak amacıyla sermaye ve kredi ile ilgili çeşitli işlemler yapan aracı kuruluşlardır. Müşterilerine sundukları hizmetler açısından kamu yararını gözetmekte olup, milli gelirin artmasına ve küresel ekonominin gelişmesine katkı sağlarlar. Şubeler ise bankaların mevcut ve potansiyel müşterilerine ulaşma amacına hizmet eden dağıtım kanalları olup, doğrudan iletişim sayesinde müşterilerin sunulan hizmetten yararlanabildikleri alanlardır.

Teknoloji ve iletişim alanındaki gelişmelere bağlı olarak banka şubelerinde sunulan birçok hizmetin sağlanabildiği; kredi kartları, ATM, telefon ve internet bankacılığı, görüntülü işlem merkezleri, satış noktası, operasyon merkezi vb. alternatif imkânların sayısı yakın zamanda hızla artmıştır. Şube dışı alternatif hizmet kanallarının bankacılık işlemlerindeki payının artmasına rağmen, şubelerde verilen her türlü hizmetin alternatif dağıtım kanallarında sunulabilmesi imkânsızdır. Öte yandan, bankaların yeni müşteri kazandığı, müşterileri ile iletişimi güçlendirerek onları kalıcı kıldığı kanal olması ve çoğu müşterinin ilk erişim noktası olarak hâlâ şube bankacılığını tercih etmesi nedeniyle şubelerin varlığı sektör açısından göz ardı edilemez niteliktedir. Bu sayede bankalar, alternatif dağıtım kanallarını şubelerin operasyonel iş yükünü hafifletecek alanlar olarak kullanıp müşterinin bankaya kazandırıldığı yer olan şubelerinin sayılarını arttırmayı ve şubelerde daha çok pazarlamaya yönelik hizmet sunmayı tercih etmektedir. Türkiye Bankalar Birliği (TBB) tarafından yayımlanan 23.06.2013 tarihli verilere göre, 32 adedi mevduat bankası olmak üzere, Türkiye’de hizmet vermekte olan toplam 45 bankanın yurt içinde 10.450, yurt dışında ise 79 şubesi bulunmaktadır. 23.06.2014 tarihli bilgilere göre ise 33 adedi mevduat, 13 adedi kalkınma ve yatırım bankası olmak üzere, Türkiye’de hizmet vermekte olan 46 bankanın yurt içinde toplam 11.009, yurt dışında ise 80 şubesi faaliyet göstermektedir. Bu durum, son 1 yıl içinde Türkiye’de yeni bir bankanın hizmet vermeye başladığını ve toplam şube sayısının %5,35 oranında arttığını göstermektedir. Mevcut durumda Türkiye’de hizmet veren 11.009 adet şubenin 3.127 adedi İstanbul’da,

1.088 adedi Ankara’da ve 788 adedi İzmir’dedir. Böylece bankaların, rekabetin yüksek, nüfusun kalabalık olduğu şehirlerde şubeleşmeyi tercih ettiği görülmektedir (TBB, 2014). Öte yandan, Retail Banker International tarafından sunulan bilgilere göre, 2012 yılının Haziran ayında Amerika Birleşik Devletleri’nde 5.608 adet şube ile hizmet vermekte olan JPMorgan&Chase, 2013 yılının Haziran ayı itibarıyla, şube sayısını 89 adet arttırmış, böylece şube sayısı 5.697 seviyesine ulaşmıştır. Aynı dönem arasında BB&T Bankası, şube sayısını 1.775 adetten 1.851 adete yükseltmiştir (Retail Banker International, 2013). Bu durum; nüfus artışı, şube başına düşen nüfusun yükselmesi, ekonomik açıdan ilerleme, kişi başı gelirin artmaya başlamasının da etkisiyle Türkiye ve yurt dışında hizmet vermekte olan bankaların şube sayısını artırma eğilimi gösterdiğinin kanıtıdır. Bu nedenle, şubeler için uygun yer seçimi, bankaların stratejik hedeflerine erişebilmesi açısından gittikçe daha önemli hale gelmektedir.

Bu çalışmada, banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine destek olacak bir yöntem geliştirilmektedir. Yer seçimi konusundaki yazın detaylı incelenmiş ve şubelerin en uygun yer seçiminin belirlenmesi ile ilgili olarak ortak bir kriter setinin olmadığı anlaşılmıştır. Böylece, yazın taraması ve uzman görüşünden yararlanarak bankaların şube yeri seçiminde etkin kriterler tespit edilmiştir. Yazındaki çalışmalardan yararlanarak ele alınan kriterlerin ağırlıklandırılması için uygun yöntemler belirlenmiştir. En iyi çözümünün bulunması için yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Modelde, her şube tipinden açılacak en büyük sayıda şube kısıtı ve belli noktalarda hizmet vermekte olan şubelerin strateji gereği kapatılmaması kısıtı ile bankanın bir dönemlik (yıllık) net kazancının en büyüklenmesi hedeflenmiştir. Önerilen matematiksel modelin NP-Zor olması, böylece aday nokta sayısının büyük olduğu problemlerde en iyi çözümün bulunamaması nedeniyle meta sezgisel yöntem olan Tabu Arama (TA) ile çözüm aranmıştır. Önerilen TA yönteminde, 3 farklı başlangıç çözümü kullanılmıştır. Rassal veriler üzerinde doğrulanan yöntem bilim, Türkiye’de hizmet veren bir bankanın İstanbul’daki şubelerinin yerleşim problemi üzerinde uygulanmış, ayrıca modelin tutarlılığı ve sonuçların gürbüzlüğünün test edilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Makalenin devamı şu şekilde düzenlenmiştir: 2. Bölümde, bankacılık sektöründeki yer seçimi ile ilgili yazında yer alan çalışmalar sunulacak; 3. Bölümde, önerilen yöntemin ayrıntılarından bahsedilecektir. 4. Bölümde, önerilen modelin çözümü için geliştirilen sezgisel ve meta sezgisel yöntemler detaylandırılacak; 5. Bölümde, önerilen yöntem, bir Türk bankasının İstanbul'daki şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi için uygulanacak; 6. Bölümde ise sonuçlar özetlenecektir.

2. YAZIN İNCELEMESİ

Uygun yer seçimi problemleri, stratejik planlama açısından kamu kuruluşları ve özel sektör firmaları için büyük önem teşkil etmektedir. Konuyla ilgili çalışmaların ilki, Alfred Weber tarafından 1909 yılında sunulan ve tek bir satış merkezi ile iki adet talep noktası arasındaki mesafenin en küçüklenmesini hedefleyen çalışmadır (Owen ve Daskin, 1998). Sonrasında Hakimi (1964), polis merkezlerinin yeni yerleşim yerlerini belirlemeye çalışmış, devamında yer seçimi ile ilgili çalışmalara, özellikle son yıllarda yazında sıkça yer verilmiştir. Çalışmaların amacı, yerleşim yeri belirlenen işletme tipine (okul, hastane, banka şubesi vb.) bağlı olarak değişmekle birlikte, genelde düşük maliyet ve enerji kullanımı ile yüksek esneklik, teslimat hızı, hizmet kalitesi vb. açılardan avantajlı bölgelerdeki uygun yeri belirlemektir (Yang ve Lee, 1997). Yazındaki çalışmalar incelendiğinde, itfaiye (Çatay, 2011), ambulans ve acil yardım istasyonu (Çatay ve arkadaşları, 2008) ile banka şubesi (Başar, 2014) vb. yer seçimi çalışmalarına rastlanmaktadır. Arabani ve Farahani (2012), yazında yer alan yer seçimi problemleri ile ilgili birçok çalışmayı özetlemektedir. Başar (2012) ise acil yardım hizmetlerinin etkin bir şekilde planlanması için yer seçimi üzerine taksonomik bir inceleme yapmıştır.

Yazındaki banka şubesi yer seçimi konulu çalışmalar incelendiğinde, konuyla ilgili farklı model ve değişkenlerin önerildiği görülmüştür (Clawson, 1974; Littlefield ve arkadaşları, 1973; Soenen, 1974; Olsen ve Lord, 1979). Clawson (1974), yeni açılacak şubelerin yerlerinin belirlenmesi amacıyla Adımsal Lineer Regresyon yöntemini uygulamıştır. Min (1989), Ohio'da ticari banka şubelerinin kuruluş yeri seçimi için Bulanık

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemini kullanmış ve potansiyel hizmet noktasının demografik özellikleri, mevduat ve kredi hacimleri, ulaşım imkânları ve ticari faaliyet düzeyinin önemli olduğunu göstermiştir. Pastor (1994); banka şubelerinin büyüklüğü ve müşterilere olan uzaklığın etkisiyle oluşan “çekim gücünü” hesaba katmıştır. Boufounou (1995); şube hedeflerine ulaşım, performans değerlendirilmesi ve yeni yerleşim yerlerinin tespitine yönelik karar verme modeli geliştirmiştir. Ravallion ve Wodon (2000), ekonomik faktörlerin Bangladeş Grameen Bankasının şube yerleşimine etkisini incelemek için Regresyon Analizi kullanmıştır. Min ve Melachrinoudis (2001), banka şubelerinin yerleşim planını ATM, banka şubesi ofisleri ve ana şubeler olmak üzere 3 aşamalı olarak ele almış ve Şans Kısıtlı Hedef Programlama Modeli geliştirmiştir. Morrison ve O'Brien (2001), banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesine yönelik olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanmıştır. Kapanacak şubelerin seçilmesi için şube ağına değerlendirildiği çalışmada; Huff (1964) tarafından tanıtılan model aracılığıyla sistematik bir yöntem geliştirilmiştir. Miliotis ve arkadaşları (2002), banka şubelerinin en iyi şekilde yerleşimi için iki aşamalı bir yöntem önermiştir. Birinci aşamada, talep noktalarının en düşük kapsama ihtiyacını sağlayacak şekilde açılacak en düşük şube sayısı bulunmaktadır. İkinci aşamada ise talep noktalarının kapsama düzeyini en büyüleyecek şekilde bu şubelerin açılacağı en uygun yerler seçilmektedir. Wang ve arkadaşları (2003), New York Amherst'te şube açılış-kapanışı için bir model önermiştir. NP-Zor olan modelin çözümü için “Greedy Interchange”, TA ve Lagrange Gevşetme yöntemleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Önerilen yöntemler, New York State'te banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi amacıyla gerçek hayat problemlerinden esinlenerek üretilen, 459 talep noktası ve 84 potansiyel şube yeri içeren 270 problem üzerinde uygulanmıştır. Amaç fonksiyonu açısından en iyi, çözüm süresi itibarıyla en kötü performans sergileyen yöntem olan Lagrange Gevşetme'nin CPLEX'e kıyasla çok hızlı olduğu görülmüştür.

Abbasi (2003) tarafından, Ürdün'deki bankaların şube yeri seçimi için karar destek sistemi geliştirilmiştir. Zhao ve arkadaşları (2004), bölgenin finansal göster-

gesinin yanı sıra, demografik özelliklerinin, müşteri segmentasyonunun, diğer banka şubelerinin konumu ve ulaşım imkânlarının da şube yerleşim planı açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Zhang ve Rushton (2008), müşterilerin bekleme süresi ve açılacak banka şubelerine yönelik bütçe kısıtına bağlı olarak toplam faydanın en büyüklendiği bir şube yerleşim modeli önermiş ve şubelerin büyüklüğünün tespiti için Genetik Algoritma kullanmıştır. Cinar ve Ahiska (2010), yeni bir şube açılışı için Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki 6 farklı şehirden en uygun olanı seçmek amacıyla, bankanın misyon ve stratejisini etkileyen 5 ana gruba ait 21 farklı alt kriter belirlemiştir. Çalışmada, belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılması için Bulanık AHS, şehirlerin sıralanması için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Xia ve arkadaşları (2010), kârın en büyüklendiği, gelir ve maliyetlerin hesaba katıldığı şube yeri seçimi modelini tanıtmıştır. Öte yandan Alexandris ve Giannikos (2010), Atina'da banka şubesi yerleşim yeri seçimi için En Büyük Kapsama Modeli (EBKM) kullanmıştır. Banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesine yönelik olarak Rahgan ve Mirzazadeh (2012) tarafından tanımlanan hiyerarşik modelin ilk seviyesinde, aşağıda gösterildiği üzere, “maliyet”, “demografi”, “bankacılık”, “coğrafi koşullar” ve “ulaşılabilirlik” olmak üzere 5 ana kriter ve bu kriterlere bağlı toplam 14 alt kriter adreslenmiştir:

- Maliyet (arazi alımı ve kullanımda değişiklik)
- Demografi (alan nüfusu ve ortalama hane geliri)
- Bankacılık (en yakın banka şubesinin son 3 aydaki ortalama mevduat ve kredi hacmi)
- Coğrafi koşullar (şube boyutu, 500 metrelik mesafe kapsamındaki rakiplerin sayısı, ticari alan, açık alan güvenliği)
- Ulaşılabilirlik (park alanı, ulaşım istasyonu, yasaklı trafik alanı, ana meydanlar)

Kriterlerin nitel ve nicel olması nedeniyle bu çalışmada, ağırlıkların belirlenmesi için Bulanık AHS ve alternatiflerin sıralanması için Kanıtsal Sonuçlama (Evidential Reasoning) yöntemleri kullanılmıştır. Başar (2014), problemi, farklı alt kriterlerin belirlediği işlem

hacmi, şubeler arası mesafe, açma ve kapama maliyetini referans olarak çözmüştür.

Sonuç olarak, incelenen çalışmalarda görüldüğü üzere, şube açılması planlanan aday il/eyaletin özellikleri, söz konusu bankanın vizyonu, pazarlama stratejisi ve ürün çeşitliliği ile aday bölgedeki müşteri profiline etkisi sayesinde bankaların yeni şube yeri seçim sürecinde kullanacakları model ile göz önünde bulundurulacakları değişkenler farklılıklar göstermektedir.

Özetle, banka şubelerinin uygun yer seçimi ile ilgili mevcut çalışmalarda ortak karar setinin olmaması; genellikle Regresyon Analizi, AHS, TOPSIS yöntemleri kullanılarak kriterlerin belirlenmesi ve yer seçimi yapılması, sadece iki matematiksel modelin varlığı, yazın incelemesinde karşılaşılan temel eksikliklerdir. Bu eksikliklerin giderilmesi için çalışmada önerilen matematiksel modelde kullanmak üzere, uzman görüşü ve yazın taraması yardımıyla konuyla ilgili uygun kriterler belirlenmiştir. Ayrıca kriterlerin doğru şekilde ağırlıklandırılması amacıyla, farklı bankalarda görev almış uzmanların görüşünden yararlanarak ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Öte yandan, problemin çözümüne yönelik şube açma-kapama durumuna izin veren, böylece hizmet vermekte olan/yeni açılacak bankalar için uygulanabilecek nitelikte ve ulaşım ağı referans alınarak birbirine yakın noktalarda aynı tip şube açmanın cezalandırıldığı yeni bir matematiksel model önerilmiştir. Modelin çözümü için başarılı sonuç veren TA yaklaşımı geliştirilmiş, aday nokta sayısı büyük olan ve en iyi çözümü bulunamayan problemlerde CPLEX'e kıyasla daha iyi ve hızlı sonuç elde ettiği görülmüştür. Önerilen yöntemin Türk bankacılık sektöründe uygulanması amacıyla, 763 aday noktaya (mahalle) sahip İstanbul'da toplam 185 şubesi olan bir Türk bankası için en iyi şube yerleri belirlenmiş, ayrıca yöntemin gürbüz olduğu gösterilmiştir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Müşteri özelliklerinin farklılığı nedeniyle bankalar, maliyeti düşürmek ve iş süreçlerini iyileştirmek açısından bireysel, kurumsal, ticari, girişimci, özel, KOBİ vb. farklı bankacılık hizmetleri sunan şubeler açmaya odaklanmaktadır. Türkiye'de hizmet veren bankaların

ortak özellikleri açısından; özellikle bireysel, kurumsal, ticari ve girişimci şubeler için uygun yer seçiminin belirlenmesi önemlidir.

Genel olarak bireysel şubeler; bireysel ve ticari potansiyele sahip, güçlü ve hareketli bir piyasada yer alan, her türlü müşteriye hizmet verebilecek, yoğun ve standart işlem potansiyeli barındıran şubelerdir. Kurumsal şubeler, gayrisafi milli hâsılaya en büyük katkıyı sağlayan, ticari, sınai ve tarımsal üretim alanlarında büyük ölçekli kurumsal müşterilere hizmet veren, standart ve yığın işlemlerden tamamen arındırılmış şubelerdir. Ticari şubeler, gayrisafi milli hâsılaya en büyük katkıyı sağlayan; ancak kurumsal şube açılmasına gerek görülmemiş merkezlerde bulunan, tarım ağırlıklı müşteri potansiyeli barındıran ve birden çok şubesi olan merkezlerde bulunan, standart ve yığın işlemlerden olabildiğince arındırılmış şubelerdir. Girişimci şubeler ise Organize Sanayi Bölgeleri, sanayi siteleri ve endüstriyel tarım alanlarına sahip bölgelerde yer alan, standart ve yığın işlemlerden olabildiğince arındırılmış şubelerdir. Öte yandan, bankaların müşteri segmentasyonu yaklaşımına göre bahsedilen şube tiplerinin müşteri profili değişebilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine destek olacak bir yöntem geliştirmektir. Öncelikle yazındaki konuyla ilgili çalışmalar ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve ortak bir kriter setinin olmadığı anlaşılmıştır. Böylece, yazın taraması ve uzman görüşünden yararlanarak, bankaların şube yeri seçiminde etkin kriterler tespit edilmiştir. İkili karşılaştırma yoluyla sektörde deneyimli uzmanların görüşünden yararlanarak, ele alınan kriterler ağırlıklandırılmıştır. Problemin en iyi çözümünün bulunması için yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Modelde, açılacak en büyük sayıda toplam şube kısıtı ve belli noktalarda hizmet vermekte olan şubelerin strateji gereği kapatılmaması kısıtı ile bankanın bir dönemlik (yıllık) net kazancının en büyüklenmesi hedeflenmiştir. Önerilen matematiksel modelin NP-Zor olması, böylece aday nokta sayısının büyük olduğu problemlerde en iyi çözümün bulunamaması nedeniyle meta sezgisel yöntem olan TA ile çözüm aranmıştır. Rassal veriler üzerinde doğrulanan yöntem bilim, Türkiye’de hizmet veren bir bankanın İstanbul’daki şubelerinin üzerinde uygulanmış, ayrıca modelin tutarlılığı ve sonuçların gürbüzlüğünün test edilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır. Özetle,

makalede gerçekleştirilen 4 aşamalı çalışma Şekil 1’de gösterilmiştir:

3.1 Kriterlerin Belirlenmesi

Banka şubeleri için en uygun yerin seçimi konusunda etkili olan kriterlerin tespit edilmesi amacıyla, öncelikle yazında ele alınan kriterler listelenmiştir. Tablo 1’de görüldüğü üzere, banka şubesi açma ve kapama kararı verilirken çok sayıda kriter göz önünde bulundurulabilmektedir.

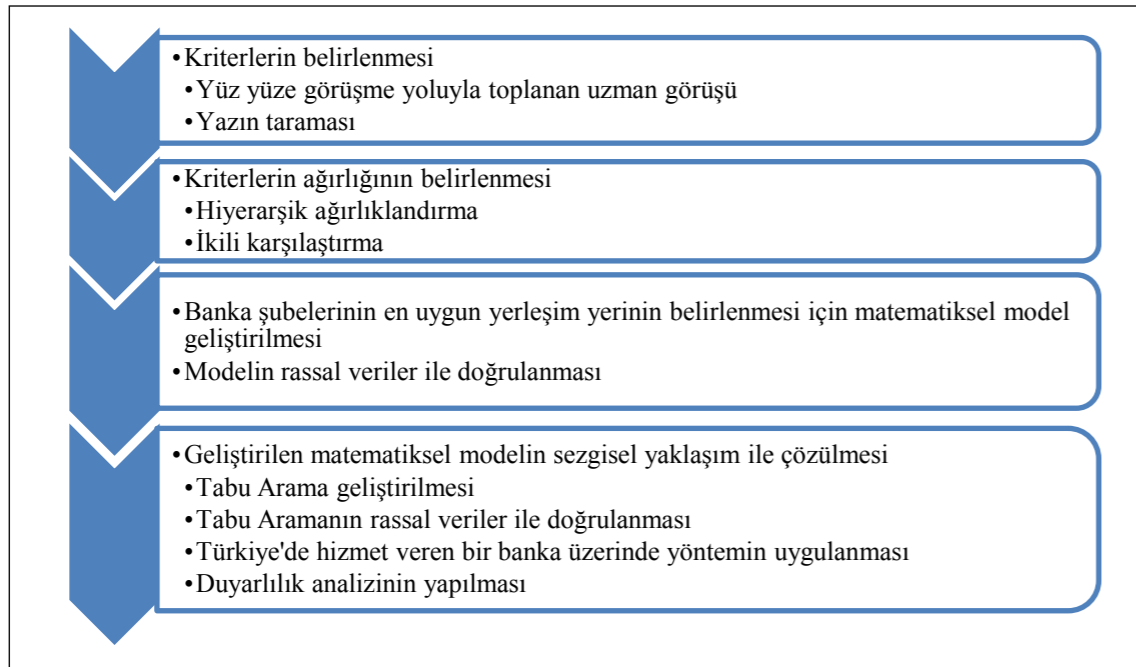
Yazın taramanın yanı sıra, banka şubelerinin yerleşiminin belirlenmesi için etkili kriterlerin tespit edilmesi amacıyla uzman görüşüne de başvurulmuştur. Bankacılık ve bilgi teknolojileri sektöründe orta ve üst düzey yönetici pozisyonunda görev alan 5 uzman ile yapılan yüz yüze görüşmeler sayesinde gerekli bilgiler toplanmıştır.

Tüm uzmanlar, kredi ve mevduat hacmi gibi müşterilere ait gizli veriler dışındaki şube kârlılığını etkileyen en önemli faktörün “işlem hacmi” olduğunu iletmiştir. Bu durum, yazında yer alan çalışmalarda da desteklenmektedir (Manandhar ve Tang, 2002; Camanho ve Dyson, 2005; Portela ve Thanassoulis, 2007).

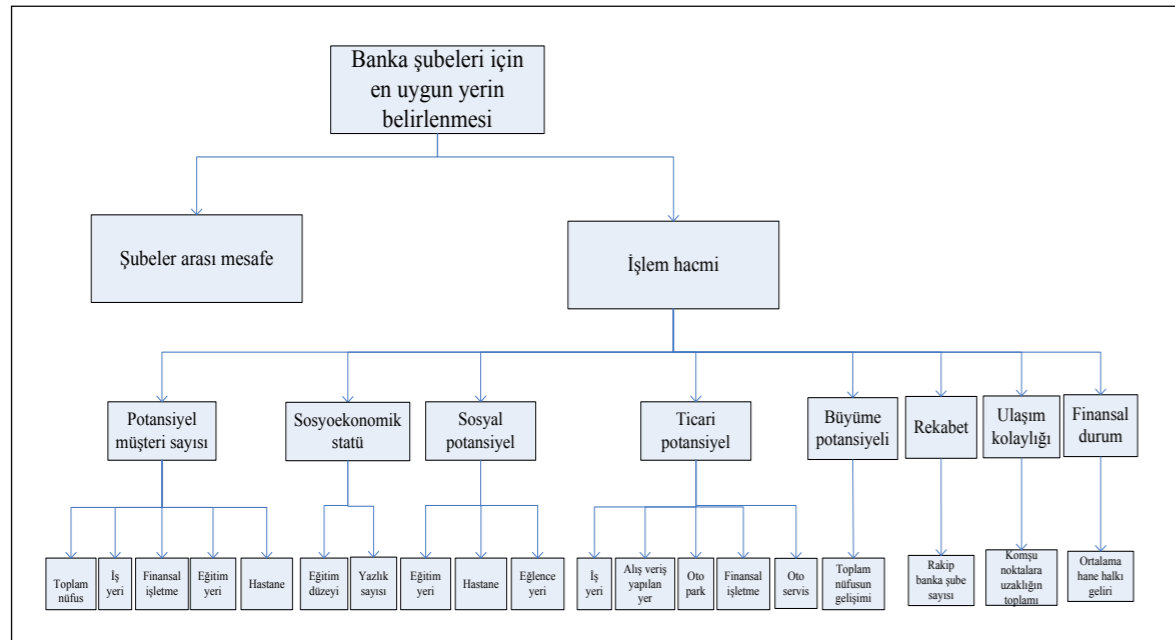
Öte yandan, maaş, fatura vb. dönemsel olarak ödemesi gereken ücretlerden dolayı bankaların günlük işlem hacmi değişken olabilmektedir. Benzer şekilde periyodun uzunluğu, dolayısıyla yıllık işlem hacmi de şubelerin finansal performansı açısından yanıltıcı olabilmektedir. Bu nedenle, uzman görüşünün de etkisiyle “aylık ortalama işlem hacmi”, banka şubelerinin yerleşimi üzerinde etkili ana kriter olarak seçilmiştir. Banka şubelerinin aylık işlem hacminin doğrudan tahmin edilmesi çok zor olduğu için yazın taraması ve uzman görüşü desteği ile

Tablo 1. Yazında Kullanılan Kriterler

Kriter	Makale
Nüfus	Clawson, 1974; Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve arkadaşları, 1981; Meidan, 1983; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve arkadaşları, 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Kişi başı gayri safi yurt içi hâsıla	Clawson, 1974; Boufounou, 1995; Cinar ve Ahiska, 2010
Ev sahipliği oranı	Clawson, 1974; Olsen ve Lord, 1979
Ticari potansiyel	Meidan, 1983; Cinar ve Ahiska, 2010
Rakip banka şubelerinin durumu	Doyle ve arkadaşları, 1981; Meidan, 1983; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve arkadaşları, 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
İşçi ve işveren oranı	Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve arkadaşları, 1981; Meidan, 1983; Ravallion ve Wodon, 2000; Zhao ve arkadaşları, 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Demografik özellikler	Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve arkadaşları, 1981; Min, 1989; Kaufman ve Mote, 1994; Ravallion ve Wodon, 2000; Rahgan ve Mirzazadeh, 2012
Ulaşım kolaylığı	Doyle ve arkadaşları, 1981; Min, 1989; Zhao ve arkadaşları, 2004; Rahgan ve Mirzazadeh, 2012
İş operasyonları	Min, 1989
Ortalama hane büyüklüğü	Boufounou, 1995; Cinar ve Ahiska, 2010
Nüfus büyüme oranı	Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve arkadaşları, 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Firma sayısı	Doyle ve arkadaşları, 1981; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve arkadaşları, 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Gelir düzeyi	Abbasi, 2003; Zhao ve arkadaşları, 2004
Toplam mevduat	Abbasi, 2003
Kültürel özellikler	Abbasi, 2003
Okur-yazarlık oranı	Cinar ve Ahiska, 2010
Banka/şube başına düşen mevduat/kredi	Cinar ve Ahiska, 2010



Şekil 1. Makale Kapsamında Gerçekleştirilen Çalışmalar



Şekil 2. Şube Yer Seçimi Problem İçin Uygulamada Kullanılacak Kriterler

aylık işlem hacmini etkileyen 8 alt kriter tespit edilmiştir: Potansiyel Müşteri Sayısı, Sosyoekonomik Statü, Sosyal Potansiyel, Ticari Potansiyel, Büyüme Potansiyeli, Rekabet, Ulaşım Kolaylığı ve Finansal Durum. Yazın taraması ve uzman görüşüne göre, rakip banka şube sayısının (maliyet kriteri olarak) rekabet, ortalama hane halkı gelirinin finansal durum ve aday noktaların komşu diğer noktalara uzaklık toplamının (maliyet kriteri olarak) ulaşım kolaylığına ait göstergeler olarak kullanılması önerilmektedir.

Yazın taramasında bahsedilen, önceki çalışmalarda kullanılan “ortalama hane halkı büyüklüğü”, “konut sayısı ve nüfus” bilgisi ile karşılanacağından; “banka şubesi, kişi başına düşen kredi ve mevduat” bilgisinin bankalara ait finansal, böylelikle gizli veri olmaları nedeniyle kolaylıkla bulunamayacağından dolayı bu kriterlerin kullanımının önerilmemesine karar verilmiştir. Benzer şekilde “işçi – işveren oranı” kriterinin, “ortalama hane halkı geliri” ile göz önünde bulundurulması nedeniyle ayrıca hesaba katılması gerekmemektedir.

Aylık ortalama işlem hacminin yanı sıra uzman görüşüne göre, birbirine yakın aday noktalarda şube

açılmasının cezalandırılması için potansiyel şube yerlerinin birbirleri arasındaki mesafenin göz önünde bulundurulması önerilmektedir. Sonuç olarak, bankaların şubeleri için en uygun yerin tespit edilmesi için önerilen yöntem biliminin uygulanması esnasında kullanılacak kriterler Şekil 2’de gösterilmiştir.

3.2 Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Kriter ve alt kriterlerin ağırlığının en doğru şekilde tespit edilmesi için problem yapısına uygun olarak İkili Karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. İkili Karşılaştırma, Saaty tarafından 1990 yılında geliştirilmiş ve karar vericilerin yargısına göre her kriterin amaca katkısı açısından göreceli öneminin belirlendiği yöntemdir. Toplam kriter sayısının n olduğu varsayımıyla, hiyerarşik yapıdaki kriterlerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesi için, $n \times n$ boyutundaki karşılaştırma matrisi (A) yardımıyla karar verici tarafından ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. $i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere, matris elemanları arasında $a_{ij}=1/a_{ji}$ ilişkisi bulunmakta olup, $i=j$ olduğu için matrisin köşegenleri 1 değerini almaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad n \times n \quad (1)$$

Kriterlerin ikili karşılaştırması için Saaty (1990) tarafından geliştirilen Tablo 2’deki önem ölçeği kullanılmaktadır.

Tablo 2. Önem Ölçeği

Değer	Tanım
1	Elemanlar eşit öneme sahiptir.
3	1. eleman 2.ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih edilmektedir.
5	1. eleman 2.ye göre fazla önemli veya fazla tercih edilmektedir.
7	1. eleman 2.ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih edilmektedir.
9	1. eleman 2.ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih edilmektedir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler

İlgili matristeki her bir ögenin diğer öğelere göre önemini gösteren $n \times 1$ boyutundaki öz vektör, aşağıda yer alan 2’deki formüller aracılığıyla hesaplanır:

$$b_{ij} = a_{ij} / \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \quad w_i = \left(\sum_{j=1}^n b_{ij} \right) / n \quad (2)$$

Tablo 3. Ana Kriterlerin Ağırlığı

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,60	0,62	0,57	0,59
Şubeler arası mesafe	0,40	0,38	0,43	0,41

Tablo 4. İşlem Hacmini Etkileyen Kriterlerin Ağırlığı

İşlem Hacmi-Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,24	0,14	0,07	0,05
Sosyoekonomik statü	0,06	0,06	0,06	0,07
Sosyal potansiyel	0,08	0,08	0,07	0,06
Ticari potansiyel	0,16	0,18	0,39	0,44
Rekabet	0,12	0,14	0,12	0,10
Finansal durum	0,16	0,22	0,18	0,15
Ulaşım kolaylığı	0,10	0,09	0,05	0,05
Büyüme potansiyeli	0,08	0,09	0,06	0,08

Türkiye’de hizmet veren farklı bankalarda görev alan/alınmış 10 çalışanın yardımıyla gerçekleştirilen ikili karşılaştırma yönteminin, Tam ve Tummala (2001) tarafından önerildiği üzere, geometrik ortalama kullanılarak elde edilen toplu sonuçları Tablo 3, 4, 5, 6, 7 ve 8’de verilmiştir.

Tablo 3’te görüldüğü üzere işlem hacmi, her tipteki banka şubeleri için en uygun yerin belirlenmesi konusunda şubeler arası mesafe kriterinden daha yüksek öneme sahiptir. Öte yandan, şubeler arası mesafenin

de amaç fonksiyonu üzerindeki etkisi yüksek olup, bu durum, bankaların birbirine çok yakın aday noktalarda şube açmaktan olabildiğince kaçınmayı tercih ettiğinin bir göstergesidir. Aday noktalar arasındaki mesafenin karar verme modeli ile birlikte hesaba katılmasının mümkün olmaması nedeniyle, banka şubeleri için en

Tablo 5. Potansiyel Müşteri Sayısını Etkileyen Kriter Ağırlığı

Potansiyel Müşteri-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,45	0,36	0,15	0,12
İş yeri	0,24	0,29	0,33	0,42
Finansal işletme	0,19	0,23	0,36	0,35
Eğitim yeri	0,07	0,07	0,09	0,08
Hastane	0,05	0,05	0,07	0,03

Tablo 6. Sosyoekonomik Statüyü Etkileyen Kriterlerin Ağırlığı

Sosyoekonomik Statü-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,68	0,71	0,68	0,62
Yazlık sayısı	0,32	0,29	0,32	0,38

Tablo 7. Sosyal Potansiyeli Etkileyen Kriter Ağırlığı

Sosyal Potansiyel-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,47	0,51	0,33	0,30
Hastane	0,38	0,31	0,39	0,38
Eğlence yeri	0,15	0,18	0,28	0,32

Tablo 8. Ticari Potansiyeli Etkileyen Kriterlerin Ağırlığı

Ticari Potansiyel-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,35	0,37	0,41	0,41
Alışveriş yapılan yer	0,25	0,17	0,16	0,11
Oto park	0,08	0,06	0,06	0,05
Finansal işletme	0,27	0,34	0,33	0,39
Oto servis	0,05	0,06	0,04	0,04

uygun yerleşim alanının seçimi probleminin çözümüne yönelik olarak çalışma kapsamında matematiksel model önerilmektedir.

3.3 Önerilen Matematiksel Model

Yazın incelemesinde belirtildiği üzere, banka şubelerinin yer seçimi konusunda yazında çok az sayıda matematiksel model önerilmiştir. Bankacılık ve bilgi teknolojileri sektöründe orta ve üst düzey yönetici pozisyonunda görev alan 5 uzmanın görüşüne göre, sektörde artan rekabetin etkisi ile yeni açılacak şubeler

için uygun yer belirlemek amacıyla, P-Medyan vb. nite-likte ortalama ulaşım mesafesi/zamanını en küçükleyen modellerden ziyade, bankanın misyon ve stratejisine uygun şekilde belirlenen kriterlere bağlı olarak hesaplanan gelirin en büyüklendiği modelin kullanımının daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Bütçe kısıtı nedeniyle, genellikle yıllık olarak planlanmak kaydıyla açılacak toplam şube sayısının bir üst sınırı bulunmaktadır. Öte yandan, aday noktaların birbirine yakınlığının bir cezası bulunmaktadır. İmaj, strateji ya da kârlılık etkisiyle bazı özel durumdaki şubelerin kapatılmasının tercih edilme-

mesi söz konusu olabilmektedir (Örneğin bankanın belli sayıdaki ilk açılan ya da belli şehir/ilçelerde bulunan şubeleri vs.). Uzman görüşünün de katkısıyla çalışma kapsamında önerilen modelde, bankaların son 3 yılda açılan şubelerinin kapatılmayacağı varsayılmaktadır. Böylece, Bölüm 3.1’de tarif edilen kriterlerin kullanılması ile bankaların, şube yeri seçiminde en uygun yerin belirlenmesine yönelik önerilen matematiksel model şu şekildedir:

I : Şube açılışı için aday noktalar kümesi

J : Farklı şube tipleri kümesi (bireysel, girişimci, ticari, kurumsal)

i : Şube açılışı için aday nokta

j : Şube tipi (bireysel, girişimci, ticari, kurumsal)

PMS : Potansiyel Müşteri Sayısı

PA : Park

SES : Sosyoekonomik Statü

H : Hastane

SP : Sosyal Potansiyel

EYE : Eğlence Yeri

TP : Ticari Potansiyel

$İY$: İş Yeri

BP : Büyüme Potansiyeli

AY : Alışveriş Yapılan Yer

R : Rekabet

OP : Oto Park

UK : Ulaşım Kolaylığı

$Fİ$: Finansal İşletme

FD : Finansal Durum

RT : Restoran

ED : Eğitim Düzeyi

OS : Oto Servis

KS : Konut Sayısı

DS : Durak Sayısı

YS : Yazlık Sayısı

SS : Sefer Sayısı

EY : Eğitim Yeri

h_{ij} : Elde edilen ağırlıklar kullanılarak hesaplanan, i noktasında açılacak j tipi şubenin aylık ortalama işlem hacmidir. Aşağıda tarif edilen notasyona göre w_{yj} ($y=1,..,8, j$

$\in J$), j tipi şube için y kriterinin ağırlığı iken, h_{ij} , aşağıda, denklem (3)’teki şekilde tahmin edilmektedir:

$$h_{ij} = w_{1j} * PMS_i + w_{2j} * SES_i + w_{3j} * SP_i + w_{4j} * TP_i + w_{5j} * BP_i + w_{6j} * R_i + w_{7j} * UK_i + w_{8j} * FD_i \quad (3)$$

Ölçüm metriği olarak, potansiyel müşteri sayısı için aday noktaların “gündüz nüfusu”, rekabet için “rakip banka şube sayısı”, finansal durum için “ortalama hane gelirin” kullanılması ve “büyüme potansiyeli” için geçmiş verilere dayalı olarak her şube tipi için yüksek önem düzeyine sahip belli sayıda kriter(ler)in gelişiminin kullanılmasının yanı sıra, işlem hacmini etkileyen diğer kriterlerin (sosyoekonomik statü, sosyal ve ticari potansiyel, ulaşım kolaylığı) değerlerinin Denklem (4-7) aracılığıyla aday nokta bazında tahmin edilmesi önerilmektedir.

$$SES_i = w_{9j} * ED_i + w_{10j} * KS_i + w_{11j} * YS_i \quad (4)$$

$$SP_i = w_{12j} * EY_i + w_{13j} * PA_i + w_{14j} * H_i + w_{15j} * EYE_i \quad (5)$$

$$TP_i = w_{16j} * İY_i + w_{17j} * AY_i + w_{18j} * OP_i + w_{19j} * Fİ_i + w_{20j} * RT_i + w_{21j} * OS_i \quad (6)$$

$$UK_i = w_{22j} * DS_i + w_{23j} * SS_i \quad (7)$$

Buna göre, banka şubeleri için en uygun yerin belirlenmesine yönelik olarak önerilen matematiksel model şu şekildedir:

L : Kapatılması istenmeyen (örneğin son 3 yıl içinde açılan) şubelerin bulunduğu bölgeler

P : Planlama dönemi boyunca açık olan toplam en büyük şube sayısı (dört tip için)

d_{im} : Şube açılışı için aday i ve m bölgeleri arasındaki mesafe (metre cinsinden)

S : Yakın bölgelerde kurulacak şubeler için hesaba katılacak ceza maliyetinin eşik mesafesi (metre cinsinden)

k_{im} : (metre cinsinden) i ve m bölgeleri arasındaki mesafeye bağlı parametre ($d_{im} < S$ ise $k_{im} = S - d_{im}$ olarak belirlendikten sonra, normalize edilerek kullanıldığı için 0-1 arası değer alıp, aksi durumda $k_{im} = 0$ ’dır.)

c_{1j} : j tipi şube açılması durumunda, işlem hacmi getirisi (ikili karşılaştırma ile elde edilen yüzde cinsinden ağırlık değeri)

c_{2j} : Birbirine yakın bölgelerde j tipi şube açılması durumunda, katlanılacak maliyet (ikili karşılaştırma ile elde edilen yüzde cinsinden ağırlık değeri)

Karar Değişkenleri:

λ_{imj} : i ve m bölgelerinin her ikisinde j tipi şube açma cezası (0-1 arası değer)

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ hizmet noktasında } j \text{ tipi şube açılmışsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$

$$Z(\text{maks}) \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{1j} h_{ij} x_{ij} - \sum_{i \in I} \sum_{m \in I, i \neq m} \sum_{j \in J} c_{2j} \lambda_{imj}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} = P$$

$$x_{ij} = 1$$

$$\forall j \in J, l \in L$$

$$\lambda_{imj} \geq k_{im} (x_{ij} + x_{mj} - 1)$$

$$\forall i, m \in I, i \neq m, j \in J$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}$$

$$\forall i \in I, j \in J$$

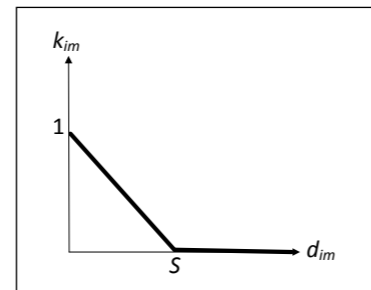
$$\lambda_{imj} \geq 0$$

$$\forall i, m \in I, j \in J$$

Modelin amaç fonksiyonunda (Z), aylık ortalama beklenen işlem hacmi ile birbirine yakın noktalarda şube açma cezası ile şube açılış-kapanış maliyetleri arasındaki fark (toplam net kazanç), en büyümektedir. Kısıt (8), açılacak toplam şube sayısını (bütçe); Kısıt (9), önceden bahsedildiği üzere strateji gereği belli (örneğin son 3 yılda açılan) şubelerin kapatılmayacağını ya da belli noktalarda şube olmasının zorunluluğunu; Kısıt (10), S değerine bağlı olarak birbirine yakın bir noktada şube açma cezasını göstermektedir. $d_{im} < S$ ise $k_{im} = S - d_{im}$ olarak belirlendikten sonra, normalize edilerek kullanıldığı için 0 ve 1 arası değer alıp, aksi durumda $k_{im} = 0$ 'dır. Bu durum, S mesafesi boyunca, birbirine yakın noktada şube açma cezasının mesafe azaldıkça arttığını göstermektedir. Bu demek oluyor ki, S mesafesi boyunca, $i \neq m$ için x_{ij} ve x_{mj} 'nin her ikisinin de 1 olması, yani birbirine yakın aday noktalarda aynı tip şube açılması durumunda, $\lambda_{imj} \geq k_{im} (1 + 1 - 1)$; böylece $\lambda_{imj} \geq k_{im}$ olmakta, amaç fonksiyonunun en büyümekmesi için $\lambda_{imj} = k_{im}$ ceza değerini almaktadır. i ve m aday

noktaları arasındaki mesafenin S 'den büyük olması ($k_{im} = 0$) ya da en fazla bir şube açılmış olması durumunda ise $\lambda_{imj} = 0$ değerini almaktadır; böylece ceza uygulanmamaktadır. Şekil 3, S değerine bağlı olarak mesafe ve parametreler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Kısıt (11), şube yerlerini temsil eden karar değişkenlerinin ikili olduğunu; Kısıt (12), birbirine yakın bir yerde şube açma cezasının negatif olamayacağını göstermektedir.

Modelde kullanmak üzere, k_{im} 'nin normalize edilerek 0-1 arası değere dönüştürülmüş olması nedeniyle, λ_{imj} de 0-1 arası değer almaktadır. Model eş zamanlı olarak, şube açma ve kapamaya izin vermektedir. Ayrıca, aynı aday noktasında aynı tipte birden fazla şube açılmasına izin verilmezken, farklı tipte olmak üzere birden fazla şube açılmasına izin verilmektedir.



Şekil 3. Matematiksel Modelde Kullanılan k_{im} , d_{im} ve S Arasındaki İlişki

Önerilen matematiksel modelin uygulanabilmesi için kullanılacak veri setinin birbiriyle uyumlu olarak sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle, aday noktaların sosyal potansiyelini etkileyen kriterlerden biri olan eğitim düzeyi; 1: okuma-yazma bilmeyen, 2: ilköğretim mezunu, 4: lise mezunu, 5: üniversite mezunu kişi sayısının ağırlığını göstermek kaydıyla, ağırlıklı ortalama aracılığıyla sayısal verilere dönüştürülmektedir. Öte yandan, kriterlere ait verilerin aynı boyuta indirgenmesi için uygun şekilde normalize edilmesi gerekmektedir. Aday noktaların aylık ortalama işlem hacmi detayları Bölüm 3.1'de verilen hiyerarşiye uygun olarak tahmin edilmektedir. ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n; x_j^* = \max(x_{ij})$ ve $x_j^- = \min(x_{ij})$) iken fayda kriteri için $r_{ij} = (x_{ij} - x_j^-) / (x_j^* - x_j^-)$ ve maliyet kriteri için $u_{ij} = (x_j^* - x_{ij}) / (x_j^* - x_j^-)$ eşitlikleri aracılığıyla doğrusal normalizasyon yaklaşımı ve Bölüm 3.2'de tarif edildiği şekilde, elde edilecek ağırlıklar kullanılarak hiyerarşinin en alt seviyesinden başlayıp en üst seviyesine kadar tüm kriterlere ait veriler tespit edilmektedir. Aday noktaların işlem hacmi ile arasında ters orantı olması nedeniyle, rakip banka şube sayısı ile ulaşım kolaylığını etkileyen komşu noktalara olan uzaklık toplamı, maliyet kriteri iken diğer kriterler fayda niteliklidir.

İşlem hacmine benzer şekilde, aday noktalar arasındaki mesafeyi gösteren k_{im} verilerinin de normalize edilmesi gerekmektedir. Böylece, öncelikle uzman görüşü ve aday noktaların coğrafi yapısına bağlı olarak S değeri belirlenmekte, daha sonra aday noktaların birbirlerine olan mesafesine yönelik veriler toplanarak (metre cinsinden) k_{im} değeri hesaplanmaktadır. k_{im} değeri büyüdükçe, aday noktaya daha büyük bir ceza uygulanacağı için bu verinin fayda kriteri olarak normalize edilmesi gerekmektedir. İşlem hacmine ait veriler için uygulandığı gibi, k_{im} verilerinin de normalize edilmesi için doğrusal normalizasyon yöntemi kullanılarak söz konusu veriler 0-1 arasına dönüştürülmektedir.

Uygulama bankasının planlama döneminde, son 3 yıl içinde açılmış şubesinin olmaması (L 'nin boş küme olması) ve aday noktalar arasındaki mesafenin S 'den büyük olması ($\lambda_{imj} = 0$) durumunda önerilen matematiksel model; Church ve ReVelle (1974) tarafından önerilen; NP-Zor olduğu, Megiddo ve arkadaşları (1983) tarafın-

dan tarif edilip Marianov ve ReVelle (1995) tarafından ispat edilen klasik EBKM modeline indirgenmektedir. Bu durum, önerilen modelin NP-Zor olduğunun kanıtı olup, özellikle ikili değişken sayısının fazla olduğu problemler için en iyi çözümün kolaylıkla bulunamayacağını göstermektedir.

4. ÖNERİLEN TABU ARAMA ALGORİTMASI

Bankalar, şube yerleşimi konusunda planlama işlemlerini çoğunlukla il bazında yapmakta, böylece potansiyel şube yeri sayısı ilin coğrafi özelliklerine göre değişmekle birlikte, genelde yüksek olmaktadır. Potansiyel müşteri sayısı fazla olan İstanbul, Ankara, İzmir vb. büyük şehirler, bankaların şube sayılarını arttırmayı tercih ettikleri yerlerdir. Ancak şube açılışı için aday nokta sayısının fazla olduğu bu şehirlerde, önerilen matematiksel model kullanılarak en iyi çözümün bulunması çok zordur. Bu nedenle, etkin çözüm bulunmasını sağlayacak uygun sezgisel ve meta sezgisel yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Youssef ve arkadaşları (2001) ile Arostegui ve arkadaşları (2006), yer seçimi problemleri için TA ile, benzetimli tavlama ve genetik algoritmaya kıyasla çözüm kalitesi açısından daha başarılı sonuçlar elde edildiğini deneysel olarak göstermiştir. Ayrıca yer seçimi için Başar ve arkadaşları (2011) tarafından önerilen benzer matematiksel problemin çözümü için gerçekleştirilen deneysel çalışmada, TA'nın çözüm kalitesi ve hızı açısından başarılı bir çözüm yöntemi olduğu gösterilmiştir. Ayrıca önceki çözümlerin bir süreliğine kabul edilmeyerek araştırma yönünün denenmeyen alanlara yönlendirilmesi, kötü sonuç veren bölgelerde fazla işlem yapılmaması sayesinde istenen çözüme daha hızlı ulaşabilme, deterministik yapısı sayesinde aynı parametreler ile aynı sonucu verme özelliklerinden dolayı çözüm yöntemi olarak TA kullanılmıştır.

Glover (1997) tarafından geliştirilen TA yönteminde, başlangıç çözümü kullanılarak her iterasyonda mevcut çözümün komşuları arasındaki en iyi çözüm aranmaktadır. Aynı çözümün tekrar etmesinin engellenmesi için bir tabu listesi tutulmakta, böylece tabu listesinin uzunluğu süresince önceden gerçekleştirilen hareketler yasaklanmaktadır. Algoritmaya göre yasaklı bir hareket, belli bir eşik değerini (0 ana kadar bulunan en iyi çözümün) üzerinde sonuç vermesi halinde tabu yıkılmaktadır.

4.1 Başlangıç Çözümünün Elde Edilmesi

TA algoritmasında kullanılmak üzere, Kısıt (8) ve (9)'u sağlamak kaydıyla, olurlu nitelikte 3 farklı başlangıç çözümü kullanılmaktadır: (i) Rassal Yöntem, (ii) Doğrusal Programlama (DP) - Gevşetme Yöntemi ve (iii) Kriter Bazlı Yöntem.

Rassal yöntemde, her şube tipi için son 3 yılda açılan yerler sabit tutulduktan sonra, açılacak en fazla şube sayısına (P) göre, kalan sayıdaki yer için rassal olarak belirlenen noktalarda rassal olarak belirlenen tipte şube açılır. Çözümün bir kurala göre belirlenmemesi nedeniyle, kalitesinin düşük olması beklenmektedir. DP-Gevşetme yönteminde önerilen modelin NP-Zor olmasına, bu nedenle büyük boyutlu problemler için en iyi çözümünün bulunamamasına neden olan ikili, x_{ij} karar değişkenleri sürekli hale getirilerek model gevşetilir ve çözülür. En yüksek x_{ij} değerine sahip P adet noktada şube açma kararı verilir. Matematiksel modelin mevcut kısıtları arasında son 3 yılda açılan yerlerin kapatılmaması koşulunun yer alması nedeniyle, gevşetilerek çözülen modelin sonucunda bu noktalara yönelik x_{ij} değişkeni "1" değerini alacağı için elde edilen çözüm olurludur. Kriter bazlı yöntemde, her şube tipi için son 3 yılda açılan yerler sabit tutulur ve en yüksek önem düzeyine sahip ana kriter seçilir. Tablo 3'te sunulan ikili karşılaştırma sonuçlarına göre "işlem hacmi", 4 şube tipi için en önemli kriterdir. Böylece, açılacak en fazla sayıda şube sayısı (P) ile son 3 yıl içinde hizmet vermeye başladığı için açık tutulacak yer sayısı arasındaki fark kadar, şube tipine bağlı olarak işlem hacmi getirisi en yüksek olan yerlerde söz konusu tipte şube açılmasına karar verilir.

4.2 Komşuluk Yapısı, Tabu Listesi ve Tabu Yıkma Kriteri

Önerilen TA'nın komşuluk mekanizması, her iterasyonda olurluluk koşulunu bozmayacak bir şubenin kapatılarak yerine yeni bir şube açılması esasına dayanır. Böylece, tüm başlangıç çözümlerinde yer alan, son 3 yılda açılan şubelerin TA'nın hiçbir aşamasında kapatılmaması önerilmekte, bu sayede üretilen her çözüm, olurlu yapıya sahip olmaktadır. Alternatif olarak uygulanabilecek, her iterasyonda n (>1) sayıda şubenin kapatılarak yerine n sayıda şubenin açılması durumunda, ziyaret edilecek

komşuluk sayısının problemin boyutuna bağlı olarak büyümesi nedeniyle, çözüm süresinin fazlasıyla uzayacağı aşikârdır. Önerilen TA'nın her iterasyonunda; son 3 yılda açılmamış bir şubenin kapatılarak yerine olurluluk koşulunu bozmayacak nitelikte (aynı noktada, aynı tipten birden fazla şubenin hizmet vermemesi kaydıyla) uygun bir yerde herhangi tipte bir şubenin açılması halinde, amaç fonksiyon değerinde (AFD) en büyük değişim sağlayacak aday nokta çifti bulunur.

Önerilen TA yönteminde, amaç fonksiyonunda en büyük değişim sağlayacak açılacak-kapanacak şube çiftine karar verilmesi durumunda gerçekleştirilen ilk işlem, tiplerine bağlı olarak bu şubelerin tabu listesinde yer alıp yer almadığını kontrol etmektir. Açılıp kapanması planlanan şube ve tiplerinin birebir tabu listesinde yer alması halinde, bulunan çözümün yasaklı olduğu kabul edilir. (Örneğin 5. noktada hizmet vermekte olan bireysel bir şubenin kapatılıp yerine 10. noktada girişimci bir şube açılması durumunda, tabu listesi uzunluğu kadar iterasyon boyunca bu işlemin tam tersi yasaklanmakta, böylece 10. noktadaki girişimci şubenin kapatılıp yerine 5. noktada bireysel şubenin açılması tabu kabul edilmektedir. Öte yandan, 10. noktadaki girişimci şubenin kapatılıp yerine olurluluk koşulunu bozmayacak şekilde 5. noktada ticari ya da kurumsal şube açılması yasaklanmamaktadır). Amaç fonksiyonunda en büyük değişim sağlayan; ancak tabu listesinde yer alan açılacak-kapanacak şube çiftinin tabu yıkma kriterini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Tabu olan çözümün, o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonundan daha yüksek bir değer sağlaması durumunda, tabu yıkılır ve yasaklı hareket kabul edilir; aksi durumda amaç fonksiyonundaki en yüksek ikinci değişimi veren farklı ($TABU$ kümesinde yer almayan) şube çiftleri aranır.

Bazı durumlarda mevcut çözümün belli iterasyondan sonra değişmemesi, böylece aynı amaç fonksiyon değerinin bulunması söz konusu olabilmektedir. k_1 iterasyon boyunca aynı mevcut çözüm değerinin bulunması durumunda meydana gelen bu döngüyü önlemek için, mevcut amaç fonksiyon değerinde en büyük artış sağlayacak aday nokta çiftleri yerine en düşük azalma sağlayacak şube çiftleri seçilerek çözümün farklı noktalara doğru yönelmesi sağlanır. Öte yandan, TA yönteminin uygu-

landığı problemlerde, belli sayıda iterasyon sonrasında o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonunun artık iyileştirilememesi, böylece yerel en iyi noktaya takılma problemi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Optimizasyon problemlerinde karşılaşılmak istenmeyen bu durumun önlenmesi için, TA yönteminde genellikle "çeşitlendirme" aşamasının uygulanması önerilmektedir. Önerilen TA yönteminde çeşitlendirme olarak; ardışık k_2 iterasyon boyunca o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonunun iyileşmemesi halinde, rastgele seçilen bir şube tipinden olurluluğu bozmamak için son 3 yılda açılan şubeler kümesine dâhil olmayan bir şube rassal olarak kapanıp, yerine yine rassal olarak belirlenen bir noktada rassal bir tipten yeni bir şube açılır. Başar ve arkadaşları (2011) tarafından benzer problem çözümlenirken çeşitlendirme aşamasında birden fazla aday noktanın rassal olarak açılıp kapanması halinde, birer noktanın açılıp kapanmasına kıyasla daha iyi sonuç bulunmadığı deneysel olarak gösterilmiştir. TA yönteminin son aşaması gereği durdurma koşulu olarak iterasyon sayısı limiti, k_3 şeklinde belirlenir.

4.3 Tabu Arama Algoritmasının Adımları

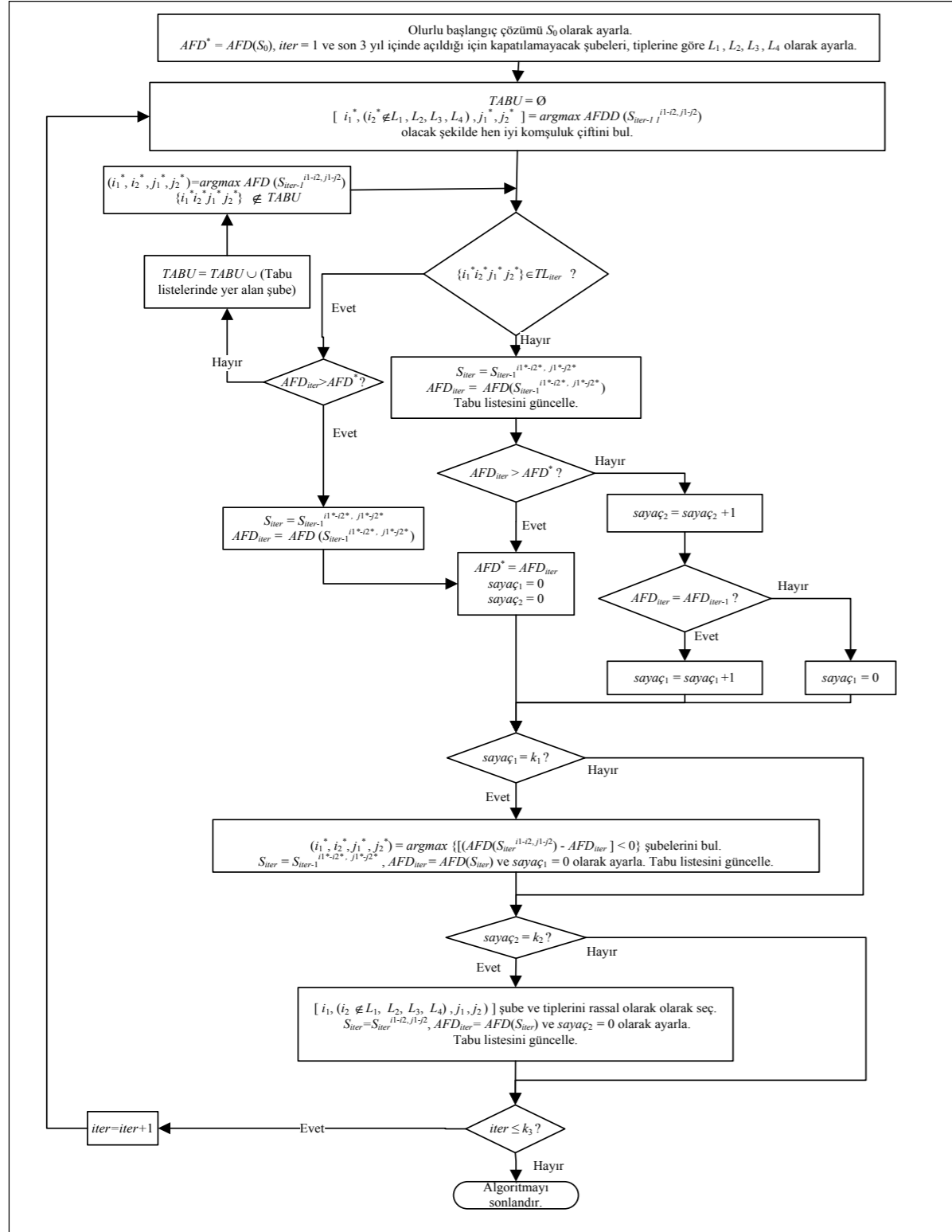
Bankalar için en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi için önerilen TA algoritmasının akışı Şekil 4'te verilmiştir. Bu akışta S_0 , başlangıç çözümü; $iter$, iterasyon sayısını; S_{iter} , iter sayısına denk gelen aşamadaki açık şubeleri gösteren çözüm kümesini; L_1, L_2, L_3 ve L_4 , son 3 yılda açılan, yani TA boyunca kapatılmayacak şubeleri; $S_{iter}^{i_1-j_1-i_2-j_2}$, önerilen komşuluk yapısına bağlı olarak S_{iter} çözümündeki i_2 noktasında yer alan j_2 tipindeki şubenin kapatılarak yerine i_1 noktasında yer alan j_1 tipinde bir şubenin açılması durumundaki şubeler kümesini; AFD_{iter} , $iter$ aşamasındaki amaç fonksiyon değerini; $AFDD$, amaç fonksiyon değerindeki değişimi; AFD^* , o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonunu; TL , ($[i_1 j_1 i_2 j_2]$ şeklinde tutulan) tabu listesi uzunluğu * 4 boyutundaki açılan-kapanan şube ve tiplerinin yer aldığı tabu listesini; $TABU$, yasaklı olan ve tabu yıkma kriterini karşılamayan çözümün tutulduğu kümeyi; $sayaç_1$, ardışık olarak aynı AFD 'ye sahip iterasyonların sayısını; $sayaç_2$, ardışık olarak aynı AFD^* 'nin bulunduğu, yani AFD^* 'nin iyileşmediği iterasyonların sayısını göstermektedir.

4.4 Deneysel Çalışma

Önerilen yöntem ve TA algoritmasının uygunluğunun doğrulanması için deneysel çalışma gerçekleştirilmesi amacıyla, aday şube yeri sayısı 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 olan farklı büyüklüklerdeki şehirlerde açılacak 5 farklı şube sayısı üzerinden toplam 40 problem üretilmiştir. Rassal problemlerin çözülmesi için ihtiyaç duyulan, planlama döneminde açılacak toplam şube sayısı (P), ildeki aday nokta sayısının en fazla %20'si olarak belirlenmiştir. Ayrıca bankanın şube sayısını azaltmayı tercih etmeyeceği, böylece P değerinin, en az mevcut durumda açık toplam şube sayısı kadar olacağı varsayılmıştır. Açılacak en fazla şube sayısına ilaveten rassal problemlerin çözülebilmesi için girdi olarak ihtiyaç duyulan, her şube tipi için mevcut durumda hizmet veren ve son 3 yıl içinde açılmış olan şubelerin hangi noktada bulunduğu bilgisi, aday nokta sayısına bağlı olarak üretilmiştir. Sonuç olarak, önerilen matematiksel modelin, 40 rassal problem için 3 farklı başlangıç çözümü ile CPLEX kullanılarak elde edilen çözümü Tablo 9'da özetlenmiştir.

Tablo 9'da özetlenen değerlere göre [(önerilen başlangıç çözümü ile bulunan sonuç/CPLEX ile bulunan çözüm)-1] şeklinde % olarak hesaplanan CPLEX'e uzaklığın negatif olduğu durumlar, CPLEX'in bulunduğu çözümden daha kötü (amaç fonksiyonunun en büyükleme niteliğinde olması nedeniyle daha düşük) değer elde edildiğinin göstergesidir. Tablo 9'da görüldüğü üzere, 50 ve 100 aday noktası olan problemler için önerilen matematiksel modelin en iyi çözümü CPLEX 12.2 aracılığı ile en geç 1 dakika içinde bulunabilmiştir. Ancak problemin NP-Zor olması nedeniyle, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktası olan problemlerin en iyi çözümü 10 saat boyunca bulunamamış, karşılaştırma amacıyla, 10 saat sonunda bulunan en iyi tamsayı değeri referans kabul edilmiştir.

Tablo 9'daki sonuçlara göre, üç farklı başlangıç çözümü de hızlı yanıt vermekteyken, amaç fonksiyon değeri açısından en iyi çözümü DP-Gevşetme (Başlangıç Çözümü-2), en kötü çözümü ise Rassal Yöntemin (Başlangıç Çözümü-1) verdiği gözlemlenmektedir. 40 problem için CPLEX'in ortalama 27.004 sn.lik sürede bulunduğu çözüme uzaklık; Rassal Yöntem ile 127,35 sn.de



Şekil 4. Önerilen TA Algoritması

Tablo 9. Rassal Problemler İçin CPLEX ve Başlangıç Çözümü

Vaka no	Aday nokta sayısı	Tiplere göre mevcut durumda açık şube sayısı	Tiplere göre son 3 yıl içinde açılmış şube sayısı	P	CPLEX (AFD)	CPLEX süre (sn.)	Başlangıç çözümü 1 (AFD)	Başlangıç çözümü 1 süre (sn.)	Başlangıç Çözümü 1 CPLEX'e uzaklık (%)	Başlangıç çözümü 2 (AFD)	Başlangıç çözümü 2 süre (sn.)	Başlangıç Çözümü 2 CPLEX'e uzaklık (%)	Başlangıç çözümü 3 (AFD)	Başlangıç çözümü 3 süre (sn.)	Başlangıç Çözümü 3 CPLEX'e uzaklık %
1	50	3,1,0,0	0,0,0,0	5	2,825	11,93	1,252	16,31	-55,68	1,305	22,16	-53,81	1,228	18,06	-56,53
2	50	4,1,0,0	1,0,0,0	6	2,908	8,16	1,061	23,62	-63,51	1,284	36,14	-55,85	1,536	25,37	-47,18
3	50	5,2,0,0	1,0,0,0	7	3,372	14,05	1,540	24,48	-54,33	1,693	45,97	-49,79	1,805	36,91	-46,47
4	50	5,2,0,0	1,0,0,0	8	3,640	16,37	1,705	21,84	-53,16	1,785	35,13	-50,96	1,919	31,58	-47,28
5	50	5,2,0,0	0,0,0,0	9	4,037	15,92	1,383	25,43	-65,74	1,896	30,14	-53,03	1,847	25,49	-54,25
6	100	6,1,1,0	1,0,0,0	10	5,391	17,39	1,491	21,34	-72,34	1,932	42,19	-64,16	1,971	35,51	-63,44
7	100	7,2,0,1	1,0,0,0	12	6,038	14,83	2,312	16,26	-61,71	2,517	45,26	-58,31	2,780	42,84	-53,96
8	100	8,3,0,1	0,0,0,0	14	7,302	18,91	3,473	23,35	-52,44	3,819	18,32	-47,70	3,815	15,29	-47,75
9	100	9,4,1,0	1,0,0,0	16	8,317	22,65	3,753	15,92	-54,88	4,772	24,58	-42,62	4,582	23,28	-44,91
10	100	10,4,0,1	1,0,0,0	18	8,480	21,43	4,180	20,60	-50,71	4,681	18,94	-44,80	4,505	14,80	-46,88
11	200	12,5,1,0	0,1,0,0	20	9,305	36,000	3,942	25,39	-57,64	4,844	36,05	-47,94	4,649	25,57	-50,04
12	200	14,6,2,1	1,1,0,0	24	11,530	36,000	4,083	28,18	-64,59	6,416	34,18	-44,35	6,028	27,05	-47,72
13	200	16,7,3,1	2,1,0,0	28	13,461	36,000	4,971	25,26	-63,07	5,792	49,15	-56,97	5,480	35,38	-59,29
14	200	18,8,3,2	1,0,0,0	32	15,902	36,000	5,635	26,55	-64,56	7,834	61,07	-50,74	8,416	52,63	-47,08
15	200	20,8,4,2	1,0,0,0	36	17,289	36,000	6,850	28,91	-60,38	9,192	53,05	-46,83	9,034	50,29	-47,75
16	300	10,4,2,0	2,1,0,0	25	12,834	36,000	5,391	17,18	-57,99	9,366	72,90	-27,02	9,105	65,97	-29,06
17	300	15,6,3,1	1,0,0,0	30	14,093	36,000	5,605	25,18	-60,23	12,580	40,04	-10,74	11,758	38,01	-16,57
18	300	20,8,4,1	1,1,0,0	35	17,189	36,000	6,835	28,34	-60,24	12,438	61,34	-27,64	10,486	58,15	-39,00
19	300	25,10,5,2	1,1,0,0	40	18,641	36,000	6,637	35,42	-64,40	15,960	45,92	-14,38	15,108	36,27	-18,95
20	300	30,12,6,3	1,1,1,1	45	20,935	36,000	9,509	54,08	-54,58	15,046	71,20	-28,13	14,834	65,45	-29,14
21	400	20,8,4,0	1,1,0,0	40	19,164	36,000	9,370	61,83	-51,11	16,945	88,32	-11,58	16,402	84,62	-14,41
22	400	25,10,5,1	2,1,0,0	45	22,738	36,000	8,950	56,92	-60,64	19,510	114,12	-14,20	19,247	108,93	-15,35
23	400	30,12,6,2	1,0,1,0	50	27,697	36,000	9,710	68,13	-64,94	21,309	130,21	-23,06	20,437	122,61	-26,21
24	400	35,14,7,3	2,1,1,0	60	34,480	36,000	12,395	79,43	-64,05	26,751	162,95	-22,42	25,390	159,38	-26,36
25	400	40,16,8,4	2,1,1,1	70	38,053	36,000	13,841	94,62	-63,63	31,459	184,06	-17,33	29,615	148,25	-22,17
26	500	30,12,6,0	2,0,1,0	55	31,208	36,000	11,376	75,58	-63,55	25,681	160,81	-17,71	25,067	150,93	-19,68
27	500	35,14,7,1	1,1,0,0	65	35,942	36,000	13,916	91,67	-61,28	27,792	182,12	-22,68	26,094	172,35	-27,40
28	500	40,16,8,2	1,1,1,0	75	37,941	36,000	13,082	145,70	-65,52	32,435	190,28	-14,51	27,056	182,04	-28,69
29	500	45,18,9,3	1,1,1,0	85	42,865	36,000	16,673	183,12	-61,10	33,640	235,47	-21,52	26,028	212,70	-39,28
30	500	50,20,10,4	1,1,1,1	90	44,391	36,000	15,405	208,37	-65,30	35,516	305,92	-19,99	30,115	296,72	-32,16
31	750	55,22,11,0	0,1,1,0	90	44,828	36,000	14,519	214,92	-67,61	33,052	332,72	-26,27	28,834	325,98	-35,68
32	750	60,24,12,1	2,1,1,0	100	46,037	36,000	17,318	249,46	-62,38	40,912	354,08	-11,13	38,045	351,37	-17,36
33	750	65,26,13,2	1,1,1,0	110	52,735	36,000	20,720	281,84	-60,71	44,816	410,48	-15,02	42,580	405,19	-19,26
34	750	70,28,14,4	1,1,1,0	120	58,309	36,000	21,482	299,17	-63,16	46,390	451,94	-20,44	40,945	408,27	-29,78
35	750	75,30,15,5	2,1,1,1	130	66,712	36,000	25,688	312,10	-61,49	51,702	436,14	-22,50	47,472	429,82	-28,84
36	1.000	80,30,15,5	4,1,1,0	140	69,080	36,000	25,671	358,42	-62,84	52,285	682,37	-24,31	41,291	604,90	-40,23
37	1.000	85,32,16,6	5,2,2,1	150	71,826	36,000	28,905	391,33	-59,76	60,186	634,02	-16,21	46,836	618,72	-34,79
38	1.000	90,34,17,7	6,3,3,1	160	76,914	36,000	30,186	425,74	-60,75	60,390	643,39	-21,48	59,082	630,26	-23,18
39	1.000	95,36,18,8	6,3,4,1	170	81,030	36,000	26,633	482,05	-67,13	60,981	675,52	-24,74	58,371	664,09	-27,96
40	1.000	98,38,19,9	7,4,4,2	180	84,933	36,000	30,982	510,06	-63,52	73,382	753,08	-13,60	68,294	702,85	-19,59
ORTALAMA						27.004	11.211	127,35	-61,07	23,007	199,29	-31,41	20,952	187,60	-35,54

%61,07, DP–Gevşetme ile 199,29 sn.de %31,41 ve Kriter Bazlı Yöntem ile 187,60 sn.de %35,54 değerindedir.

Kapsamlı deneysel çalışma sonucunda k_1 ve k_2 için en iyi değerler, sırasıyla 8 ve 12 olarak elde edilmiştir.

Ayrıca, aday nokta sayısı arttıkça, daha büyük tabu listesi uzunluğu ile daha iyi yanıt elde edildiği görülmüş olup, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı problemler için en iyi tabu listesi uzunlukları sırasıyla

5, 7, 8, 10, 13, 15, 16 ve 19 olarak belirlenmiştir. Öte yandan, TA algoritmasının yüksek sayıda iterasyonda göstereceği performansın analiz edilebilmesi için k_3 için 5.000 ve 1.000 değerleri kullanılmıştır. TA ile CPLEX'in karşılaştırmalı sonuçları Tablo 10'da özetlenmiştir.

Tablo 10'da sonuçları verilen TA-1, başlangıç çözümü olarak Rassal Yöntem; TA-2, başlangıç çözümü olarak DP–Gevşetme ve TA-3 ise başlangıç çözümü olarak Kriter Bazlı Yöntem kullanılarak uygulanan TA'yu ifade etmektedir.

Tablo 10. CPLEX ve TA Algoritmasının Karşılaştırmalı Sonuçları

Vaka No	Aday Nokta Sayısı	CPLEX (Süre)	TA - 1 (Süre) 5.000 iterasyon	TA - 1 (CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA - 1 (Süre) 10.000 iterasyon	TA - 1 (CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon	TA - 2 (Süre) 5.000 iterasyon	TA - 2 (CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA - 2 (Süre) 10.000 iterasyon	TA - 2 (CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon	TA - 3 (Süre) 5.000 iterasyon	TA - 3 (CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA - 3 (Süre) 10.000 iterasyon	TA - 3 (CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon
1	50	11,93	53,65	0,000%	116,72	0,000%	73,66	0,000%	140,25	0,000%	61,59	0,000%	118,75	0,000%
2	50	8,16	55,42	-0,012%	118,25	0,000%	62,85	0,000%	111,68	0,000%	62,07	0,000%	109,86	0,000%
3	50	14,05	54,79	0,000%	114,73	0,000%	56,71	0,000%	112,39	0,000%	56,82	0,000%	105,68	0,000%
4	50	16,37	55,37	0,000%	120,25	0,000%	63,18	0,000%	114,22	0,000%	63,95	0,000%	117,42	0,000%
5	50	15,92	60,18	0,000%	122,57	0,000%	81,84	0,000%	158,37	0,026%	70,65	0,000%	144,20	0,000%
6	100	17,39	72,36	-0,046%	154,68	-0,025%	76,41	-0,039%	154,81	0,037%	73,16	-0,056%	146,46	0,000%
7	100	14,83	74,92	-0,128%	151,25	-0,093%	95,82	-0,710%	190,97	0,061%	87,43	-0,942%	177,66	0,000%
8	100	18,91	74,81	-0,020%	148,10	0,000%	94,63	0,000%	182,46	0,000%	76,68	-0,112%	149,99	0,067%
9	100	22,65	77,92	-0,033%	150,29	-0,008%	98,80	0,000%	189,80	0,013%	81,35	0,000%	165,22	0,000%
10	100	21,43	78,30	0,000%	153,24	0,000%	102,65	0,000%	205,82	0,000%	78,77	-0,173%	154,55	0,028%
11	200	36,000	92,04	-0,316%	180,26	-0,279%	99,13	-0,208%	173,97	0,148%	101,89	0,000%	182,58	0,000%
12	200	36,000	94,15	-0,144%	179,59	-0,105%	103,38	0,000%	191,04	0,261%	98,95	-0,265%	193,35	0,000%
13	200	36,000	86,32	0,172%	175,11	0,215%	104,53	1,030%	213,98	1,437%	97,11	0,753%	178,97	1,450%
14	200	36,000	88,51	0,205%	183,21	0,486%	92,58	0,266%	188,50	0,792%	93,02	0,058%	182,89	0,723%
15	200	36,000	89,25	0,042%	185,54	0,082%	122,18	0,583%	231,78	1,349%	106,30	0,316%	198,99	1,458%
16	300	36,000	635,62	-0,027%	1.468,01	0,000%	765,92	1,215%	1.441,47	1,535%	746,85	0,513%	1.395,87	0,960%
17	300	36,000	682,24	0,035%	1.435,76	0,144%	888,96	0,253%	1.659,69	0,816%	746,37	0,146%	1.366,60	0,437%
18	300	36,000	712,03	0,948%	1.409,72	1,008%	901,43	1,740%	1.840,72	2,437%	799,61	0,804%	1.632,00	1,851%
19	300	36,000	675,14	0,722%	1.483,52	1,268%	710,25	1,381%	1.359,41	1,549%	733,20	0,791%	1.494,27	0,914%
20	300	36,000	695,28	0,510%	1.407,03	0,837%	725,87	1,438%	1.373,35	1,855%	780,10	0,452%	1.474,40	0,835%
21	400	36,000	1.045,39	0,296%	2.067,12	0,503%	1.176,06	0,760%	2.309,79	0,929%	1.131,11	0,395%	2.253,18	0,628%
22	400	36,000	1.024,05	-0,105%	2.049,38	0,416%	1.066,04	0,058%	2.010,54	0,328%	1.201,21	0,000%	2.458,88	0,000%
23	400	36,000	1.004,01	-0,326%	2.086,51	-0,272%	1.111,44	0,000%	1.981,70	0,166%	1.201,80	0,276%	2.192,08	0,542%
24	400	36,000	1.047,46	0,000%	2.098,02	0,000%	1.133,35	0,362%	2.237,24	0,943%	1.250,67	0,104%	2.367,51	0,539%
25	400	36,000	1.034,98	0,000%	2.162,35	0,000%	1.058,78	0,418%	2.134,51	0,762%	1.178,84	0,129%	2.113,66	0,453%
26	500	36,000	1.646,24	0,142%	3.090,35	0,358%	2.098,96	1,056%	3.977,52	1,415%	1.883,30	0,384%	3.453,97	0,761%
27	500	36,000	1.613,58	0,059%	3.156,18	0,169%	2.081,52	0,805%	3.863,30	0,924%	1.776,55	0,491%	3.503,36	0,512%
28	500	36,000	1.672,97	-0,245%	3.043,08	0,000%	1.863,69	1,072%	3.773,97	1,642%	1.826,88	0,385%	3.310,31	0,619%
29	500	36,000	1.604,25	0,169%	3.093,85	1,243%	2.175,36	1,294%	4.318,10	1,907%	1.724,57	0,266%	3.514,67	0,716%
30	500	36,000	1.632,14	0,305%	3.126,17	0,305%	2.242,56	0,760%	4.415,60	0,834%	1.837,79	0,493%	3.388,88	0,642%
31	750	36,000	3.751,27	0,058%	7.046,12	0,108%	5.056,71	0,725%	9.754,40	1,210%	4.313,96	0,082%	8.144,76	0,167%
32	750	36,000	3.764,28	0,032%	7.091,83	0,194%	4.908,62	1,515%	9.400,01	2,469%	3.809,45	0,108%	7.641,76	1,204%
33	750	36,000	3.726,14	0,371%	7.135,10	0,480%	4.665,13	0,649%	8.518,52	0,833%	4.385,67	0,029%	8.122,25	0,166%
34	750	36,000	3.794,17	0,206%	7.102,62	0,335%	4.617,50	1,531%	8.981,05	1,762%	3.862,47	0,194%	6.801,80	0,380%
35	750	36,000	3.760,47	0,000%	7.181,58	0,025%	4.711,87	1,268%	9.018,52	1,496%	4.249,33	0,367%	8.592,15	0,961%
36	1.000	36,000	4.584,05	0,146%	9.124,15	0,662%	5.519,20	0,394%	9.752,42	0,757%	5.267,07	0,235%	10.123,32	0,539%
37	1.000	36,000	4.568,21	0,202%	9.194,03	0,495%	5.966,08	0,725%	10.900,03	1,572%	5.134,67	0,640%	9.422,12	0,843%
38	1.000	36,000	4.518,29	0,382%	9.116,06	0,672%	5.914,44	0,842%	11.036,35	1,362%	5.354,17	0,619%	10.344,26	0,866%
39	1.000	36,000	4.576,08	0,000%	9.142,13	0,585%	6.040,43	1,153%	11.996,29	1,694%	4.804,88	0,237%	9.407,96	0,913%
40	1.000	36,000	4.568,02	0,159%	9.158,12	0,795%	6.089,17	0,419%	11.959,13	0,527%	5.376,56	0,091%	10.011,15	0,208%
ORTALAMA		27,004	1.486,11	0,094%	2.918,06	0,265%	1.870,44	0,569%	3.564,34	0,896%	1.664,67	0,195%	3.171,44	0,510%

40 problem için CPLEX'in ortalama 27.004 saniyede bulunduğu çözüme kıyasla TA-1 ile; 5.000 iterasyonda 1.486,11 saniyede ortalama %0,094 ve 10.000 iterasyonda 2.918,06 saniyede %0,265 oranında daha iyi değerler elde edilmiştir. CPLEX'in ortalama 27.005 saniyede bulunduğu çözüme kıyasla TA-2 ile; 5.000 iterasyonda 1.870,44 saniyede %0,569 ve 10.000 iterasyonda 3.564,34 saniyede %0,896 oranında daha yüksek değerler elde edilmiştir. TA-3 ile 5.000 iterasyonda 1.664,67 saniyede %0,195 ve 10.000 iterasyonda 3.171,44 saniyede %0,510 oranında CPLEX'e kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sonuç olarak, amaç fonksiyon değeri açısından en iyi sonuca DP–Gevşetme (TA-2) ile ulaşıldığı, önerilen TA yönteminin her üç başlangıç çözümü ile CPLEX'ten başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir.

5. BİR TÜRK BANKASININ İSTANBUL'DAKİ ŞUBELERİ İÇİN EN UYGUN YERLERİN BULUNMASI

Önerilen yöntemin gerçek hayata uygunluğunun analiz edilebilmesi için (güvenlik dolayısıyla adı paylaşılamayan) Türkiye'de hizmet veren büyük bir bankanın İstanbul'daki şubeleri için en uygun yerleşim yerleri belirlenecektir. Gerçekçi bir analizin gerçekleştirilmesi amacıyla planlamanın mahalle bazlı yapılmasına karar verilmiş olup, modelin uygulanması için gerekli veriler (mahalle bazlı) toplanmıştır. Bu bağlamda; 763 adet mahalleye sahip olan İstanbul'daki tüm mahallelerin, toplam nüfus, eğitim düzeyi (okuma–yazma bilmeyen, okuma–yazma bilen fakat bir okul bitirmeyen, ilköğretim mezunu, ilköğretim mezunu, ortaokul veya dengi okul mezunu, lise veya dengi okul mezunu, yüksek öğretim mezunu sayısı), yazlık sayısı, ticari potansiyeli (işyeri, alışveriş yapılan yer, otopark, finansal işletme, oto servis sayısı), sosyal potansiyeli (eğitim yeri, hastane, eğlence yeri sayısı), rakip banka şube sayısı ve ortalama hane geliri verileri toplanmıştır. Toplanan verilerden yararlanılarak potansiyel müşteri sayısı ile büyüme potansiyeli hesaplanmıştır. Önerilen matematiksel modelin amaç fonksiyonunda kullanılmak üzere, birbirine yakın mahallelerde şube açılmasını cezalandırmak için mahalleler arası mesafe bilgisinin hesaplanması amacıyla CBS'den

yararlanılmıştır. Mevcut durumda uygulama bankasının faaliyetindeki şubelerinin bulunduğu mahalleler için bu şubelerin bulunduğu koordinatlar, diğer mahalleler için merkez nokta referans alınmış, ayrıca hâlihazırda birden fazla şube olan mahalleler için bireysel şubenin bulunduğu nokta göz önünde bulundurulmuştur. CBS aracılığıyla merkez noktaların göl, orman vs. olup olmadığı kontrol edilmiş; göl, orman vb. olması halinde, yakındaki bir cadde referans alınarak ulaşım ağı üzerinden şube açılışı için aday mahallelerin birbirine olan uzaklığı hesaplanmıştır. S değeri, uzman görüşü ve İstanbul'daki mahallelerin coğrafi yapısına bağlı olarak 1.000 metre olarak belirlenmiş, böylece ulaşım kolaylığı elde edilmiştir.

Söz konusu bankanın İstanbul'da hizmet veren şubelerinin segment (bireysel, ticari, girişimci, kurumsal), açılış tarihi ve hangi mahallede yer aldığı bilgisi edinmiştir. Mevcut durumda İstanbul'da toplam 185 şubesi olan uygulama bankasının faaliyette olan 152 adet bireysel şubesinin 16 tanesi, 18 adet girişimci şubesinin 10 tanesi, 12 adet ticari şubesinin 10 tanesi ve 3 adet kurumsal şubesinin 1 tanesi son 3 yıl içinde açıldığı için Kısıt (9) gereği kapatılamayacaktır. Aday nokta sayısının büyüklüğü ve önerilen modelin NP-Zor olması nedeniyle, en iyi çözümün bulunamayacağı aşikârdır. Böylece, bahsi geçen Türk bankasının İstanbul'daki en uygun şube yerleşiminin gerçekleştirilebilmesi için 4. Bölüm'de önerilen TA algoritması uygulanacaktır. Banka yönetimi, İstanbul'da mevcut durumda 185 olan toplam açık şube sayısını yeni planlama döneminde 15 adet artırarak 200 adet şube ile hizmet vermeyi hedeflemektedir. Deneysel çalışmada, rassal veriler için elde edilen en iyi parametre değerleri kullanıldığı takdirde uygulama bankasının İstanbul'daki şubelerinin en uygun yerlerin belirlenmesi konusunda da başarılı sonuçlar elde edileceği düşünülmüştür. Böylece 763 adet mahalleye sahip İstanbul için, tabu listesi uzunluğu olarak aday nokta sayısı 750 olan rassal problemler için elde edilen en iyi değer (16) kullanılmıştır. Ayrıca k_1 ve k_2 için sırasıyla, 8 ve 12 değerleri ile $k_3 = \{5.000, 10.000\}$ iterasyonda önerilen en iyi başlangıç çözümü olan DP–Gevşetme kullanılarak TA-2 ile elde edilen CPLEX'in karşılaştırmalı sonuçları Tablo 11'de özetlenmiştir.

Tablo 11. Bir Türk Bankası İçin İstanbul'da Şube Yeri Seçimi (TA-2)

Planlama Döneminde Açılabilen Toplam Şube Sayısı	CPLEX (AFD)	CPLEX (Süre -sn.)	Başlangıç Çözümü-2 (AFD)	Başlangıç Çözümü-2 (Süre - sn)	Başlangıç Çözümü-2 (CPLEX'e Uzaklık)	TA-2 (Süre) 5.000 iterasyon	TA-2 (CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA-2 (Süre) 10.000 iterasyon	TA-2 (CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon
200	39,424	36.000	33,530	416,81	-14,95%	4.396,22	0,014%	9.396,19	0,014%

763 adet aday noktası olan İstanbul için en iyi çözümün bulunamaması nedeniyle, CPLEX'in 10 saat sonunda bulduğu değer referans alınmıştır. Tablo 11'de gösterildiği üzere, TA-2 ile 1.000 iterasyonda bulunan değer, iterasyon sayısı arttırıldıkça değişmemiş olup, CPLEX'e kıyasla %0,014 daha iyi sonuç elde edilmiştir. Ayrıca TA-2 ile 1.000 iterasyonda elde edilen çözüme göre; 163 adet bireysel, 22 adet girişimci, 12 adet ticari ve 3 adet kurumsal şubenin hizmet vermesi önerilmiştir. Uygulama bankasının İstanbul'daki mevcut şubelerinin bulunduğu mahalleler ile önerilen yöntem (TA-2) kullanılarak 10.000 iterasyon sonucunda elde edilen mahalleler kıyaslandığında; mevcut 8 adet bireysel şube kapatılarak ilave 163-152= 11 şube ile birlikte 19 adet yeni bireysel; mevcut 2 adet girişimci şube kapatılarak ilave 22-18= 4 şube ile birlikte 6 adet yeni girişimci; mevcut 3 adet ticari şube kapatılarak yerine farklı noktalarda yeni 3 adet ticari; aynı şekilde, mevcut 1 adet kurumsal şube kapatılarak yerine farklı noktada yeni 1 adet kurumsal şube hizmete başlamıştır. Kapatılan şubeler incelendiğinde, aynı mahallede birden fazla aynı tip şubenin hizmet vermekte olduğu ya da hâlihazırda bu şubelerin bulunduğu mahallelere yakın yerlerde aynı tip şubenin faaliyette olduğu/yeni açıldığı görülmüştür. Öte yandan yeni açılan şubeler incelendiğinde, ikili karşılaştırma sonucunda elde edilen önem seviyesinin yüksek olmasının etkisiyle işlem hacmi fazla olan ve/veya çok yakın mesafede aynı tip şubenin bulunmadığı mahallelerin tercih edildiği gözlemlenmiştir.

TA-2 ile İstanbul için elde edilen sonuçların parametrelerdeki değişimlere karşı hassasiyetinin ölçülmesi amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu bağlamda, her bir şube tipi için 2 ana kriterin ağırlığı ayrı ayrı +%10 ve -%10 ile +%20 ve -%20 oranında değiştirilmiştir. Ana kriter ağırlıklarının %10 oranında artması ya da azalması durumunda $k_3 = 10.000$ iterasyon sonucunda,

TA-2 ile elde edilen sonucun değişmediği, %20 oranında artması ya da azalması durumunda çözümün küçük çapta değiştiği, böylece önerilen TA'nın yeterince gürbüz olduğu görülmüştür

6. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine yönelik yöntem sunulmuştur. Öncelikle kapsamlı bir yazın taraması yapılmış ve şube yer seçimi ile ilgili mevcut çalışmalarda ortak karar setinin olmadığı, bankanın izlediği vizyon ve strateji ile planlamanın yapıldığı ile bağlı olarak ele alınan değişkenlerin farklılık gösterebildiği görülmüştür. Bu çalışmada, uzman görüşü ve yazın taraması sayesinde banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesinde etkin olan kriterler belirlenmiş, farklı bankalarda görev alan uzmanların görüşünden yararlanarak ikili karşılaştırma yoluyla kriterlerin önem düzeyi tespit edilmiştir. Ayrıca problemin çözümü için yeni bir matematiksel model geliştirilmiş, NP-Zor olan problemin çözümü için TA algoritması geliştirilmiştir. Rassal problemlerde, CPLEX'e kıyasla başarılı sonuçlar verdiği deneysel olarak gösterilen TA, ayrıca bir Türk bankasının İstanbul'daki şube yerlerinin belirlenmesi için uygulanmış, sonuçların gürbüz olduğu görülmüştür.

Gelecekte; önerilen yaklaşımın çok dönemli olarak uyarlanması ve market, restoran vb. yer seçimi problemleri için uygulanabilecek nitelikte olup olmadığının araştırılması, Yerçekimi Modelleri/Genetik Algoritma vb. farklı yöntemlerin problemin çözümü için kullanılıp kullanılmayacağına incelenmesi planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu makaleye temel oluşturan doktora tezinin hazırlanma sürecinde desteğini esirgemeyen değerli tez

danışmanlarım Prof. Dr. Y. İlker Topçu ile Yrd. Doç. Dr. Özgür Kabak'a; görüşleri sayesinde tezin gelişmesine katkı sağlayan tez izleme komitesi üyelerinden Prof. Dr. Bülent Çatay, Doç. Dr. Dilay Çelebi ve Doç. Dr. Burçin Bozkaya'ya teşekkürlerimi sunarım. Öte yandan, ihtiyaç duyulan verilerin temini konusunda yardımcı olan Doç. Dr. Burçin Bozkaya ve Ali Yeşilçimen'e teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

1. **Abbasi, G. Y.** 2003. "A Decision Support System for Bank Location Selection," *International Journal of Computer Applications in Technology*, vol. 16, p. 202-210.
2. **Alexandris, G., Giannikos, I.** 2010. "A New Model for Maximal Coverage Exploiting GIS Capabilities," *European Journal of Operational Research*, vol. 202, p. 328-338.
3. **Arabani, A. B., Farahani, R. Z.** 2012. "Facility Location Dynamics: An Overview of Classifications and Applications." *Computers & Industrial Engineering*, vol. 62, p. 408-420.
4. **Arostegui, M. A., Kadipasaoglu, S. N., Khumawala, B. M.** 2006. "An Empirical Comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms for Facilities Location Problems," *International Journal of Production Economics*, vol. 103 (2), p. 742-754.
5. **Başar, A.** 2014. Banka Şubeleri İçin Uygun Yer Seçiminin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
6. **Başar, A., Çatay, B., Ünlüyurt, T.** 2011. "A Multi-Period Double Coverage Approach for Locating the Emergency Medical Service Stations in Istanbul," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 62 (4), p. 627-637.
7. **Başar, A., Çatay, B., Ünlüyurt, T.** 2012. "A Taxonomy for Emergency Service Station Location Problem," *Optimization Letters*, vol. 6 (6), p. 1147-1160.
8. **Boufounou, P. V.** 1995. "Evaluating Bank Branch Location and Performance: A Case Study," *European Journal of Operational Research*, vol. 87, p. 389-402.
9. **Camanho, A. S., Dyson, R. G.** 2005. "Cost Efficiency Measurement with Price Uncertainty: A DEA Application to Bank Branch Assessments," *European Journal of Operational Research*, vol. 161, p. 432-446.
10. **Church, R., ReVelle, C.** 1974. "The Maximal Covering Location Problem," *Papers of the Regional Science Association*, vol. 32, p. 101-118.
11. **Cinar, N., Ahiska, S. S.** 2010. "A Decision Support Model for Bank Branch Location Selection," In *YAEM 2010, Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 30 June-2 July, (CD-ROM), Sabancı University, İstanbul.
12. **Clawson, C. J.** 1974. "Fitting Branch Locations, Performance Standards, and Marketing Strategies to Local Conditions," *Journal of Marketing*, vol. 38, p. 8-14.
13. **Çatay, B., Başar, A., Ünlüyurt, T.** 2008. "İstanbul'da Acil Yardım İstasyonlarının Yerlerinin Planlanması," *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, s. 19 (4), sayfa 20-35.
14. **Çatay, B.** 2011. "İstanbul'da İtfaiye İstasyonu Yer Seçiminde Risk Faktörüne Dayalı Bir Çoklu Kapsama Yaklaşımı," *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, sayı 22 (2), sayfa 33-44.
15. **Doyle, P., Fenwick, I., Savage, G. P.** 1981. A Model for Evaluating Branch Location and Performance," *Journal of Bank Research*, vol. 12, p. 90-95.
16. **Glover, F., Laguna, M.** 1997. *Tabu Search*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
17. **Hakimi, S.** 1964. "Optimum Locations of Switching Centres and the Absolute Centres and Medians of a Graph," *Operations Research*, vol. 12, p. 450-459.
18. **Huff, D. L.** 1966. "A Programmed Solution for Approximating an Optimum Retail Location," *Land Economics*, vol. 42 (3), p. 293-303.
19. **Kaufman, G., Mote, R.** 1994. A Review from the Federal Reserve Bank of Chicago, Federal Reserve Bank of Chicago, Chicago, USA.
20. **Littlefield, J. E., Burney, J., White, W. V.** 1973. *Bank Branch Location: A Handbook of Effective Techniques and Practice*, Bank Marketing Association, Chicago, USA.
21. **Manandhar, R., Tang, J. C. S.** 2002. "The Evaluation of Bank Branch Performance Using Data Envelopment Analysis: A Framework," *Journal of High Technology Management Research*, vol. 13, p. 1-17.
22. **Megiddo, N., Zemel, E., Hakimi, S. L.** 1983. "The Maximum Coverage Location Problem," *SIAM Journal of Algebraic and Discrete Methods*, vol. 4 (2), p. 253-261.
23. **Meidan, A.** 1983. "Distribution of Bank Services and Branch Location," *International Journal of Physical Distribution and Managerial Management*, vol. 13 (3), p. 5-18.
24. **Miliotis, P., Dimopoulou, M. ve Giannikos, I.** 2002. "A Hierarchical Location Model for Locating Bank Branches in a Competitive Environment," *International Transactions in Operational Research*, vol. 9, p. 549-565.
25. **Min, H.** 1989. "A Model Based Decision Support System for Locating Banks," *Information and Management*, vol. 17, p. 207-215.
26. **Min, H., Melachrinoudis, E.** 2001. "The Three-Hierarchical Location-Allocation of Banking Facilities with Risk and Uncertainty," *International Transactions in Operational Research*, vol. 8, p. 381-401.
27. **Morrison, P. S., O'Brien, R.** 2001. "Bank Branch Closures in New Zealand: The Application of a Spatial Interaction Model," *Applied Geography*, vol. 21, p. 301-330.
28. **Olsen, L. M., Lord, J. D.** 1979. "Market Area Character-

- ristics and Branch Bank Performance,” *Journal of Bank Research Summer*, vol. 10, p. 102-110.
29. **Pastor, J. T.** 1994. “Bicriterion Programs and Managerial Location Decisions: Application to the Banking Sector,” *Journal of Operational Research Society*, vol. 45 (12), p. 1351–62.
 30. **Portela, M. C. A. S., Thanassoulis, E.** 2007. “Comparative Efficiency Analysis of Portuguese Bank Branches,” *European Journal of Operational Research*, vol. 177, p. 1275-88.
 31. **Rahgan, S. H., Mirzazadeh, A.** 2012. “A New Method in the Location Problem Using Fuzzy Evidential Reasoning,” *Engineering and Technology*, vol. 4 (22), p. 4636-4645
 32. **Soenen, L. A.** 1974. “Locating Bank Branches,” *Industrial Marketing Management*, vol. 3, p. 221-228.
 33. **Owen, S. H., Daskin, M. S.** 1998. “Strategic Facility Location: A Review,” *European Journal of Operation Research*, vol. 111, p. 423–447.
 34. **Ravallion, M., Wodon, Q.** 2000. Banking on the Poor? Branch Location and Nonfarm Rural Development in Bangladesh,” *Review of Development Economics*, vol. 4, p. 121-139.
 35. **Saaty, T. L.** 1990. “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process,” *European Journal of Operational Research*, vol. 48, p. 9–26.
 36. **Tam, M. C. Y., Tummala, V. M. R.** 2001. “An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System,” *The International Journal of Management Science*, vol. 29 (2), p. 171–182.
 37. **Xia, L., Yin, W., Dong, J., Wu, T., Xie, M., Zhao, Y.** 2010. “Hybrid Nested Partitions Algorithm for Banking Facility Location Problems,” *IEEE Transaction on Automation, Science and Engineering*, vol. 7 (3), p. 654–658.
 38. **Wang, Q., Batta, R., Bhadury, J., Rump, C. M.** 2003. “Budget Constrained Location Problem with Opening and Closing of Facilities,” *Computers and Operations Research*, vol. 30, p. 2047–2069.
 39. **Yang, J., Lee, H.** 1997. “An AHP Decision Model for Facility Location Selection,” *Facilities*, vol. 15 (10), p. 241–254.
 40. **Youssef, H., Sait, S. M., Adiche, H.** 2001. “Evolutionary Algorithms, Simulated Annealing and Tabu Search: A Comparative Study,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 14, p. 167–181.
 41. **Zhang, L., Rushton, G.** 2008. “Optimizing the Size and Locations of Facilities in Competitive Multi-Site Service Systems,” *Computers and Operations Research*, vol. 35, p. 327-338.
 42. **Zhao, L., Garner, B., Parolin, B.** 2004. “Branch Bank Closures in Sydney: A Geographical Perspective and Analysis,” *Proceedings of the 12th International Conference on Geoformatics*, 7-9 June, Sweden, p. 541-548.
 43. TBA. 2014. “Banka ve Sektör Bilgileri,” <http://www.tbb.org.tr/tr/banka-ve-sektor-bilgileri/banka-bilgileri/subeler/65>, son erişim tarihi: 23.06.2014.
 44. Retail Banker International. 2014. “US Branch Numbers Fall for Fourth Year Running,” https://dscqm8c9g6d5o.cloudfront.net/uploads/articles/pdfs/mnetisgnehmblsrdelkablzye_rbioct13issue694usbranches.pdf, son erişim tarihi: 23.06.2014.